

Artículo No. 02. Enríquez et al (2017). Un Método de Conformación de Grupos para Aprender Cooperativamente y Desarrollar Competencias de Trabajo en Equipo. Semilleros 4 (8), 14-24

UN MÉTODO DE CONFORMACIÓN DE GRUPOS PARA APRENDER COOPERATIVAMENTE Y DESARROLLAR COMPETENCIAS DE TRABAJO EN EQUIPO

A METHOD TO FORM GROUPS FOR COOPERATIVE LEARNING AND FOR DEVELOP TEAMWORK COMPETENCIES

Enríquez. Héctor D.¹, Kowalski. Víctor A.², Erck. Mercedes. I³

Resumen. El trabajo en equipo es una competencia de egreso clave para el Ingeniero Iberoamericano. La asignación de los estudiantes a los grupos es una decisión importante en una asignatura donde se decida aplicar el método de aprendizaje cooperativo, para contribuir a la formación de dicha competencia. Las experiencias disponibles señalan que deben formarse grupos pequeños y heterogéneos en su composición. Este trabajo presenta un procedimiento utilizado para formar grupos para el aprendizaje cooperativo en una asignatura, en una carrera de Ingeniería Industrial. El método utiliza modelación matemática, para resolver el Problema de Agrupación de Máxima Diversidad. Se utilizó análisis clúster para formar grupos homogéneos de estudiantes, que después fueron distribuidos mediante otro modelo de programación matemática, de manera de obtener grupos heterogéneos, pero balanceados entre sí. El procedimiento permitió un mayor control al momento de formar los grupos. La información que se obtiene puede utilizarse también para idear distintas estrategias de enseñanza-aprendizaje y para una mejor acción tutorial por parte de los docentes, por medio del monitoreo más efectivo de los estudiantes.

Palabras Clave: Formación por Competencias, Aprendizaje Cooperativo, Problema de Agrupación de Máxima Diversidad, Ingeniería Industrial.

Abstract. Teamwork is a key competence for the desired profile of the Ibero-American Engineer. Assigning students to groups is an important decision for training in teamwork in a subject using the Cooperative Learning method. Different authors argue that small and heterogeneous groups should be formed for this purpose. This paper presents a procedure for creating cooperative learning groups in a subject at an Industrial Engineering curriculum. A mathematical procedure was developed for solving this Maximally Diverse Grouping Problem. Cluster analysis was used for forming homogeneous groups of students. Then, with another mathematical model, they were assigned in heterogeneous but balanced groups. This procedure allowed more control for forming the student groups. The information obtained can also be used for arranging different teaching and learning strategies and also for a more effective monitoring of the students.

Key Words: Competency-Based Training, Cooperative Learning, Maximally Diverse Grouping Problem, Industrial Engineering.

INTRODUCCIÓN

¹Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial, Obera, Argentina. enriquez@fio.unam.edu.ar

En la propuesta de Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano, anunciada por la Asamblea General de la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI), una de las competencias es la de “desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo” (Anónimo, 2014; Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina - CONFEDI, 2016). ASIBEI propone un Proyecto de Ingeniería Iberoamericana, cuyo objetivo es crear un área común de educación en ingeniería. Dentro de las cuatro dimensiones para lograr el perfil deseado para el Ingeniero Iberoamericano (dimensiones: Académica; Profesional; Ambiental; Social), esta competencia forma parte de la Dimensión Académica (CONFEDI, 2016).

Esta competencia es cada vez más valorada y demandada en el ejercicio de la profesión. West (2012) afirma que el componente básico en las organizaciones modernas es el equipo, en lugar del individuo. Investigaciones recientes demuestran que esta competencia es crítica para el éxito en los trabajos del futuro (Aldag y Kuzuhara, 2015).

En la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (FI-UNaM) se está implementando un Modelo de Formación por Competencias (MFPC) que se apoya sobre tres bases articuladas entre sí: la formulación de competencias, la mediación pedagógica y el sistema de evaluación de las competencias (Kowalski, Erck y Enriquez, 2015). La Mediación Pedagógica, en términos simples, es el “cómo” del proceso de enseñanza y aprendizaje. Entre las modalidades y métodos didácticos, puede inferirse que el aprendizaje cooperativo en grupos puede ser el más apropiado para la formación de trabajo en equipo, además de alcanzar mediante esta estrategia otras competencias. No obstante, los grupos de trabajo deben estar adecuadamente diseñados. El objetivo de este trabajo es presentar un procedimiento especialmente elaborado para esta finalidad, e implementado en una asignatura, dentro del MFPC de la FI-UNaM.

METODOLOGÍA

Para el proyecto de investigación en curso, se utiliza un enfoque mixto, que combina los métodos cualitativos y cuantitativos, dentro del paradigma pragmático (Mertens, 2010). El diseño adoptado es de integración (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014), recolectándose datos cuantitativos y cualitativos durante toda la investigación, en algunos casos transformándose y combinándose ambos tipos de datos, como en el segmento que se presenta en este trabajo. Este tipo de diseño es completamente iterativo y es adecuado a la complejidad del problema planteado en el proyecto. Las técnicas e instrumentos utilizados son, entre otras, revisión documental y bibliográfica, técnicas de observación, y encuestas semi-estructuradas, grupos de discusión, y la triangulación.

Se revisó bibliografía sobre trabajo en equipo y el aprendizaje cooperativo, como método para trabajar en una asignatura bajo la modalidad de trabajo grupal. A partir de allí, se focalizó en los métodos para conformar grupos de trabajo, particularmente métodos provistos por la Investigación Operativa.

Finalmente, se propuso un procedimiento basado en modelación matemática, para conformar grupos heterogéneos para el aprendizaje cooperativo en una asignatura. Este procedimiento ya fue implementado en una asignatura dentro del MFPC de la FI-UNaM.

EL TRABAJO EN GRUPOS EN EQUIPOS Y EL APRENDIZAJE COOPERATIVO

Cuando las personas trabajan en cooperación pueden conseguir mucho más que trabajando en forma individual. Este es el principio de sinergia: la contribución del equipo es mayor que las contribuciones individuales de sus integrantes. En el ámbito educativo, existen evidencias de que los estudiantes al trabajar en forma grupal y cooperativa, en lugar de individualmente, se esfuerzan más, ayudan a sus compañeros de grupo con dificultades y logran mejores aprendizajes (West, 2012).

Una cuestión que debe definirse es la diferencia entre un grupo y un equipo. West presenta una definición de equipo, cuyos elementos son: 1) se trata de un grupo de personas relativamente pequeño que trabaja en una tarea bien definida y compleja, tal así que resulte más efectivo el trabajo bajo esta modalidad en lugar del trabajo individual; 2) tienen objetivos claros, desafiantes, compartidos, derivados directamente de la tarea que deben ejecutar; 3) requieren trabajar en conexión e interdependientemente para alcanzar los objetivos; 4) deben desempeñar distintos roles dentro del equipo (aunque podrían duplicarse algunos roles); y 5) tienen suficiente autonomía, autoridad y recursos para alcanzar los objetivos (West, 2012). Aldag y Kuzuhara (2015) aseveran que en muchos casos el trabajo en grupo conduce a resultados aceptables. No obstante, cuando la tarea es compleja, el trabajo debe ser en equipo.

Johnson y Johnson (2014) afirman que es un error frecuente pretender que los alumnos trabajen como equipos, sin que cuenten aún con las habilidades para hacerlo de manera competente. Esto implica que el trabajo bajo esta modalidad requiere una adecuada formación y maduración. Así, la estrategia de aprendizaje implica partir de grupos de trabajo, para que puedan llegar a ser equipos (Erck, Kowalski, Enriquez, Santander y Morales, 2015).

Uno de los métodos de enseñanza que aprovechan la modalidad de trabajo es el aprendizaje cooperativo. Slavin señala que los enfoques constructivistas utilizan ampliamente esta estrategia, sobre la teoría de que los estudiantes pueden descubrir y comprender más fácilmente conceptos complejos si trabajan mutuamente (Slavin, 2006). Según De Miguel Díaz (2006), el aprendizaje cooperativo en grupos pequeños (idealmente de 4 a 6 miembros) es la estrategia adecuada para el trabajo grupal. Johnson y Johnson (2014) definen el aprendizaje cooperativo como el uso instruccional de pequeños grupos, para que los estudiantes trabajen juntos y se maximice el aprendizaje de cada uno de ellos. Los estudiantes discuten el material que deben aprender y se ayudan mutuamente en su comprensión. Los mismos autores presentan distintos tipos de aprendizaje cooperativo, entre ellos los “grupos formales de aprendizaje cooperativo”, que pueden utilizarse para la enseñanza-aprendizaje de contenidos específicos, siendo este el método que mejor se ajusta al uso en una asignatura.

Cuando se decide implementar este método, una decisión fundamental es el número de integrantes para los grupos. Johnson y Johnson (2014) no señalan un número ideal, pero, como regla, expresan que resulta mejor utilizar grupos pequeños. Para decidir un tamaño adecuado, relacionan la cantidad de integrantes con los recursos requeridos para el éxito, la naturaleza de la tarea y los materiales disponibles, las habilidades que deben poseer los integrantes, la responsabilidad que debe asumir cada uno, el tiempo disponible para la tarea, las interacciones que pueden producirse, y la facilidad para el seguimiento y detectar dificultades. Slavin (2006) presenta distintos métodos para el aprendizaje cooperativo, con grupos de 4 a 6 integrantes. Yeoh y Mohamad Nor (2011) señalan que en un curso de ingeniería los grupos deben integrarse por 3 a 5 miembros.

La asignación de los estudiantes a los grupos es otra decisión que debe tomarse. Para alcanzar los objetivos del aprendizaje cooperativo, deben conformarse grupos heterogéneos (De Miguel Díaz, 2006; Slavin, 2006; Johnson y Johnson, 2014; Cohen y Lotan, 2014). Johnson y Johnson (2014) exponen que, para ciertos objetivos de aprendizaje, pueden formarse grupos

homogéneos. En cambio el uso de grupos heterogéneos ofrece ventajas para los estudiantes, entre ellas: estimulación del aprendizaje, la creatividad y el desarrollo cognitivo y social; mejora en la comprensión, la calidad del razonamiento y la retención a largo plazo, entre otras.

Se trata de una cuestión de suma importancia, ya que diferentes grupos pueden llevar a diferentes procesos de aprendizaje en los estudiantes (Pinninghoff, Ramírez, Contreras y Salcedo, 2015). Sadeghi y Kardan (2015) describen que tanto la calidad como la cantidad de interacciones entre pares es lo que se ve afectado y es en definitiva lo que afecta al rendimiento y la productividad en los grupos. Según Johnson y Johnson (2014), la asignación puede ser aleatoria. No obstante, de esta manera, y aunque se realicen correcciones manuales, no siempre se pueden obtener grupos con las características adecuadas, y balanceados entre sí (Yeoh y Mohamad Nor, 2011; Sadeghi y Kardan, 2015). Por otra parte, la experiencia demuestra que si se libera la elección a los estudiantes, lo hacen por afinidades, por lo que tienden a formar grupos homogéneos y dispares entre sí (Ounnas, 2010). Por estos motivos, pueden utilizarse otros métodos, algunos de los cuales provistos por la Investigación Operativa. En los apartados siguientes se presentan detalles al respecto y un método desarrollado dentro del proyecto de investigación.

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA PARA LA CONFORMACIÓN DE GRUPOS

Si bien la Investigación Operativa tuvo origen militar, para después instalarse en la industria y en los negocios, sus técnicas también se vienen aprovechando en temas de educación. Una de las áreas de mayor suceso en contextos educativos corresponde a problemas de asignación. Entre los problemas de este tipo, pueden encontrarse la asignación de estudiantes a grupos, a aulas, instituciones, y programación para exámenes y horarios de clases (Johnes, 2015).

Interesa particularmente el problema de asignación de estudiantes a grupos. La modelización matemática recibe el nombre de Problema de Agrupación de Máxima Diversidad (en inglés *Maximally Diverse Grouping Problem*- MDGP). Se busca con esta modelización particionar un conjunto de n elementos en m grupos disjuntos, de manera que la diversidad entre elementos de cada grupo se maximice. La diversidad entre elementos en un grupo se calcula como la suma de valores de disimilitud d_{ij} entre cada par de elementos i y j . La formulación del MDGP corresponde a un problema de programación entera cuadrática. Su formulación puede encontrarse en: González-Barrera, Rodríguez y Lozano (2012); Gallego, Laguna, Martí y Duarte (2013); Rodríguez, Lozano, García-Martínez y González-Barrera (2013); Brimberg, Mladenović y Urošević (2015); Lai y Hao (2016).

El MDGP asume que cada elemento i se caracteriza por p_{ik} atributos, con $i=1,\dots,n$ y $k=1,\dots,t$. La diversidad entre pares de elementos i y j debe darse por una función de distancia d_{ij} , que puede ser la distancia euclidiana (González-Barrera *et al.*, 2012; Gallego *et al.*, 2013; Brimberg *et al.*, 2015). Baker y Powell (2002) ofrecen una revisión de distintas funciones objetivo que pueden utilizarse para el mismo problema, que se diferencian principalmente por el criterio para medir la diversidad, tanto *intra* como *inter*-grupos. Sadeghi y Kardan (2015) presentan una formulación alternativa, especialmente diseñada para el aprendizaje colaborativo. Se trata de un modelo de programación lineal entera-binaria, cuyo objetivo es la maximización de la compatibilidad de los individuos en los grupos.

Para la resolución del MDGP, en la literatura se registran numerosos algoritmos exactos y heurísticos. Sin embargo, se trata de un problema combinatorio *NP*-completo, por lo que la

práctica frecuente es aplicar algoritmos metaheurísticos, que aunque ofrecen soluciones aproximadas, se aceptan por su calidad. Entre los métodos que conforman el estado del arte, se encuentran algoritmos basados en búsqueda tabú (Gallego *et al.*, 2013), búsqueda en vecindarios variables (Brimberg *et al.*, 2015), algoritmos genéticos (Pinninghoff *et al.*, 2015), colonias artificiales de abejas (Rodríguez *et al.*, 2013), entre otros métodos (González-Barrera *et al.*, 2012; Sadeghi y Kardan, 2015; Lai y Hao, 2016).

En cuanto a los atributos para caracterizar a los individuos, en la literatura pueden hallarse distintos criterios para su selección. Baker y Powell (2002) proponen como atributos los antecedentes académicos y situaciones laboral y demográfica. Yeoh y Mohamad Nor (2011) ejemplifican un procedimiento utilizando como atributos la situación académica y variables demográficas. Sadeghi y Kardan (2015) describen atributos relacionados con: saberes previos de los estudiantes, grado de interés por la asignatura, características personales, motivación y estilos de aprendizaje y pensamiento. Pinninghoff *et al.* (2015), utilizan datos de cuatro pruebas diferentes: inteligencias múltiples, estilos de aprendizaje, liderazgo para la toma de decisiones y asertividad. Ounnas (2010) presenta los atributos importantes en tres categorías: académicos, relacionados con la tarea o curso; personales y relacionales; y contextuales.

MÉTODO PROPUESTO PARA CONFORMAR GRUPOS PARA EL APRENDIZAJE COOPERATIVO

Se presenta un método para formar grupos heterogéneos, para el aprendizaje cooperativo en una asignatura. El procedimiento, en líneas generales, consiste en: 1) caracterización a los estudiantes, utilizando múltiples atributos cuali y cuantitativos; 2) clasificación multivariante, con el objetivo de identificar subconjuntos homogéneos; y 3) asignación de los estudiantes, desde los subconjuntos anteriores, a los grupos heterogéneos que se desean conformar. Sus pasos se describen a continuación.

Caracterización de los estudiantes

Teniendo presente la variedad de atributos en la literatura para formar grupos de estudiantes, se utilizaron en este trabajo: situación académica; situación socioeconómica; disponibilidad de recursos informáticos propios y conectividad; y actitudes para el aprendizaje.

Cada uno de los atributos es multidimensional y algunos tienen componentes cualitativos, lo que dificulta su medición. Es el caso de las actitudes para el aprendizaje, para lo cual se utilizó la encuesta estandarizada ATTLS (*Attitudes Towards Thinking and Learning Survey*). Esta tiene dos sub-escalas: ATTLS-1, ATTLS-2. La primera mide el grado en que el individuo es “conectado”, que indica cuanto disfruta del aprendizaje, considerando la perspectiva de otras personas, la construcción de las ideas junto con los demás, de manera colaborativa. La segunda evalúa el grado en que el individuo es “desconectado” o “separado”, lo que indica su preferencia por el comportamiento objetivo y analítico, adoptando una postura más crítica y controvertida respecto al aprendizaje. En síntesis, se obtienen indicadores que revelan si los estudiantes son candidatos a trabajar en forma colaborativa, o bien prefieren el aprendizaje individualizado (Marín García y Astruc, 2012; Cuevas Valencia, Morales, Bonilla Silva y Espinosa Organista, 2015).

Las demás características son más sencillas de medir, utilizando escalas cuantitativas. Se establecieron categorías de valoración para cada atributo, desde una condición más favorable a una menos favorable para cada estudiante. Para categorizar las situaciones socio-económica

y académica se consideraron varias variables. En la tabla 1, se muestran los atributos y las variables para cada uno de ellos.

Un atributo que se observa en la Tabla 1 es la disponibilidad de recursos informáticos propios (computadora e internet). En la asignatura donde se aplicó el método, dicho atributo es importante, porque durante el cursado tanto estudiantes como profesores interactúan permanentemente en un aula virtual, en un sistema de *Blended Learning* (Kowalski, Erck y Enriquez, 2017).

Tabla 1. Atributos, categorías y variables para caracterizar a los estudiantes. Fuente: elaboración propia

Atributos	Categorías para atributos	Variables incluidas
Situación Académica	Más favorable-Menos favorable	Promedio académico Evaluación diagnostica inicial Nro. de asignaturas co-cursantes Nro. de asignaturas aprobadas por año Condición: primer cursado o re-cursante
Situación socio-económica	Más favorable-Menos favorable	Forma de Mantención (Trabaja/Recibe ayuda de padres o familiares/Becas/otras) Horas semanales dedicadas al trabajo Número de personas a cargo
Recursos informáticos propios (computadora e internet)	Posee No posee	
Encuesta ATTLS-1: Aprendizaje Colaborativo	Por encima de valores medios Dentro de valores medios Por debajo de valores medios	
Encuesta ATTLS-2: Aprendizaje Individualizado	Por encima de valores medios Dentro de valores medios Por debajo de valores medios	

Para establecer las categorías en los atributos multivariantes, se utilizó análisis clúster. De esta manera se definieron subconjuntos homogéneos respecto a las variables. Esta misma técnica se aplicó en el paso siguiente.

Identificación de subconjuntos homogéneos

Se utilizó la técnica de análisis clúster, que consiste en una técnica factorial de clasificación multivariable. Con esta técnica se asignó a los estudiantes a grupos (clústeres), de manera que los individuos en un mismo clúster fuesen similares entre sí y diferentes a los de otros clústeres (Ounnas, 2010; Albright y Winston, 2015). Se siguieron los procedimientos que presentan Winston y Albright (2012, 2015) para modelar y optimizar en hojas de cálculo. Como medida de distancia se utilizó la distancia euclidiana y variables estandarizadas, de manera en que cada una provoque el mismo efecto en la selección del clúster (Albright y Winston, 2015).

Conformación de grupos heterogéneos

El último paso consistió en repartir desde los subconjuntos homogéneos obtenidos en el paso anterior, a los grupos heterogéneos. Para esto se utilizó un modelo matemático, cuya función objetivo es:

$$\text{Minimizar: } \left| \max_g \{c_g\} - \min_g \{c_g\} \right| \quad (1)$$

$$\text{Sujeta a: } \sum_{g=1}^m x_{ig} = 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$a_g \leq \sum_{i=1}^n x_{ig} \leq b_g, \quad g = 1, \dots, m, \quad (3)$$

$$1 \leq \sum_{i \in S} x_{ig} \leq |S|, \quad g = 1, \dots, m, \quad (4)$$

$$1 \leq \sum_{i \in T} x_{ig} \leq |T|, \quad g = 1, \dots, m, \quad (5)$$

$$1 \leq \sum_{i \in U} x_{ig} \leq |U|, \quad g = 1, \dots, m, \quad (6)$$

$$x_{ig} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, n, \quad g = 1, \dots, m. \quad (7) \text{ Con: } c_g = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^t z_{ik} \cdot x_{ig}, \quad g = 1, \dots, m. \quad (8)$$

Donde c_g es una medida de la situación favorable/desfavorable de cada grupo, considerando z_k atributos estandarizados, con $k=1, \dots, t$. La variable binaria x_{ig} toma valor 1 si el i -ésimo estudiante forma parte del g -ésimo grupo y 0 en otro caso, con $i=1, \dots, n$ y $g=1, \dots, m$. De esta forma, la función objetivo (1) busca minimizar la desigualdad entre el grupo más favorecido y el menos favorecido, para alcanzar el mayor balance entre grupos.

La restricción (2) asegura que cada elemento se asigna a un grupo. La restricción (3) establece tamaños mínimo y máximo respectivamente. Podría asignarse el mismo número de individuos a cada grupo, de manera que $a_g = b_g = s = n/m$, donde s es un entero, y el signo de esta función cambiaría al de igualdad.

Los subconjuntos S y T corresponden a subgrupos homogéneos, con atributos más favorables y menos favorables respectivamente. Por ejemplo, S podría estar formado por estudiantes con: situación académica favorable, situación socio-económica favorable, con recursos informáticos propios, ATTLS-1: alto, ATTLS-2: bajo; mientras que T podría ser lo opuesto. Así, las restricciones (4) y (5) tratan de lograr una composición equitativa. La restricción (6) permite asignar estudiantes de un subconjunto U , con alguna característica específica (por ejemplo: género), de manera equilibrada entre grupos.

El modelo se implementó en hoja de cálculo. Por las características del modelo, como método de solución se aplicó algoritmo genético, incorporado en el complemento de la hoja de cálculo. Para establecer los parámetros para el algoritmo genético se siguieron las propuestas de Winston (2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método se aplicó por primera vez con un conjunto de 18 estudiantes que cursaron una asignatura, dentro del MFPC en la FI-UNaM. El objetivo fue crear grupos de 4 o 5 estudiantes

en cada uno, para que realicen actividades en horario presencial y no presencial, durante la segunda mitad de la asignatura.

Se caracterizó a los estudiantes en 4 categorías según su situación académica (favorable; favorable-medio; desfavorable-medio; desfavorable) y en 3 categorías según su situación socio-económica (favorable; medio; desfavorable). Con la encuesta ATTLS se obtuvieron los perfiles de cada estudiante respecto a sus actitudes para el aprendizaje colaborativo e individualizado. Se identificaron 5 tipos de perfiles. Con esta información, el análisis clúster permitió obtener 6 grupos homogéneos, según los 5 atributos utilizados.

El último paso del método consistió en formar 4 grupos heterogéneos de estudiantes. Una cualidad que se tuvo en cuenta, fue una composición de géneros semejante entre grupos. A modo de ejemplo, en la Tabla 2 se representa uno de los grupos que se obtuvo (se omitieron las identidades).

Tabla 2. Un grupo obtenido mediante el procedimiento propuesto. Fuente: elaboración propia

Estudiante	Situación académica	Situación socioeconómica	Recursos informáticos	ATTLS-1	ATTLS-2	Género
X_1	Favorable-medio	Desfavorable	Si	Bajo	Medio	F
X_2	Favorable-medio	Medio	Si	Medio	Medio	M
X_3	Desfavorable-medio	Favorable	No	Alto	Medio	F
X_4	Favorable-medio	Favorable	Si	Medio	Medio	M
X_5	Favorable	Favorable	Si	Medio	Medio	M

En el método propuesto, la obtención de grupos homogéneos puede suponer cierto trabajo adicional, respecto a otros modelos matemáticos. Sin embargo, la información de los grupos homogéneos resulta muy útil para los docentes porque: a) permite un mejor control al momento de formar los grupos heterogéneos, ya que con las restricciones (4) a (7) se logra una adecuada distribución en cada grupo de los estudiantes que se encuentran en situación más favorable, lo mismo para los que se hallan en situación menos favorable, como así también la distribución de cualquier subconjunto de estudiantes con alguna característica particular; b) pueden diseñarse diversas estrategias, para alcanzar distintos resultados de aprendizaje, o aprovechar los conocimientos, capacidades o habilidades de los estudiantes, para mejorar el desempeño en algún grupo. Sadeghi y Kardan (2015) utilizan estas ideas en su formulación matemática para el mismo problema; c) se obtiene información de quienes son los estudiantes con mayores ventajas, y los estudiantes menos favorecidos. Esto favorece la acción tutorial de los docentes, posibilitando un monitoreo más efectivo de los estudiantes con mayores dificultades y realizar la realimentación correspondiente.

CONCLUSIONES

El trabajo en equipo es una de las competencias de egreso clave para el Ingeniero Iberoamericano. Para que un grupo de estudiantes pueda desempeñarse eficazmente como equipo, requieren de una adecuada formación y maduración. Uno de los métodos de enseñanza más utilizados para el trabajo grupal es el aprendizaje cooperativo, porque el aprendizaje que se busca se alcanza mejor si los estudiantes trabajan en conjunto y se ayudan

mutuamente. Este método requiere que los grupos estén adecuadamente diseñados, debiéndose constituir grupos de tamaño reducido, preferentemente heterogéneos.

La formación de grupos heterogéneos puede hacerse en forma aleatoria o podría dejarse la elección a los estudiantes. Sin embargo, la importancia del problema justifica la utilización de métodos más eficientes. Existen técnicas de la Investigación Operativa que pueden aplicarse, aunque, por la naturaleza combinatoria de la programación matemática, las soluciones son aproximadas.

Se presentó un método implementado en una asignatura dentro del MFPC en la FI-UNaM, con el objetivo de formar grupos apropiados para el aprendizaje cooperativo. El método se apoya en modelos matemáticos para caracterizar a los estudiantes, formar grupos homogéneos y luego desagregarlos en grupos con las características deseadas. Este procedimiento, aunque supone mayor trabajo matemático que otros métodos, proporciona un mayor control al momento formar los grupos, provee información para idear distintas estrategias de enseñanza-aprendizaje y facilita el monitoreo de cada estudiante.

REFERENCIAS

- Albright, S. C. & Winston, W. L. (2015). *Business analytics: data analysis and decision making*. Stamford: Cengage Learning.
- Aldag, R. J. & Kuzuhara, L. W. (2015). *Creating high performance teams : applied strategies and tools for managers and team members*. New York; London: Routledge.
- Anónimo. (2014). *Competencias en ingeniería*. Mar del Plata: Universidad FASTA.
- Baker, K. R. & Powell, S. G. (2002). Methods for assigning students to groups: a study of alternative objective functions. *Journal of the operational research society*, 53(4), 397-404.
- Brimberg, J., Mladenović, N. & Urošević, D. (2015). Solving the maximally diverse grouping problem by skewed general variable neighborhood search. *Information sciences*, 295, 650-675.
- Cohen, E. G. & Lotan, R. A. (2014). *Designing groupwork : strategies for the heterogeneous classroom*. New York: Teachers College Press.
- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina - CONFEDI (2016). *Competencias y perfil del ingeniero iberoamericano, formación de profesores y desarrollo tecnológico e innovación (Documentos Plan Estratégico ASIBEI)*. Bogotá: ARFO Editores e Impresores.
- Cuevas Valencia, R. E., Morales, A. F., Bonilla Silva, P. & Espinosa Organista, J. (2015). Aprendizaje combinado: encuesta de actitudes hacia el pensamiento y el aprendizaje. *National and international research articles CIEX Journal*, 47-57.
- De Miguel Díaz, M. (Dir). (2006). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior*. Oviedo: Ediciones de la Universidad de Oviedo.

- Erck, M., Kowalski, V., Enriquez, H., Santander, A. & Morales, I. (2015). Del trabajo en grupo al trabajo en equipo: formar y evaluar capacidades actitudinales en un Modelo de Formación por Competencias. *VII congreso argentino de ingeniería industrial COINI 2014* (págs. 1-10). Buenos Aires: edUTecNe.
- Gallego, M., Laguna, M., Martí, R. & Duarte, A. (2013). Tabu search with strategic oscillation for the maximally diverse grouping problem. *Journal of the operational research society*, 64(5), 724-734.
- González-Barrera, J. D., Rodríguez, F. J. & Lozano, M. (2012). Algoritmos voraces iterativos para el problema de agrupación de máxima diversidad. *VIII congreso español sobre metaheurísticas, algoritmos evolutivos y bioinspirados MAEB'2012* (págs. 1-8). Albacete: Universidad de Castilla-La Mancha.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Johnes, J. (2015). Operational research in education. *European journal of operational research*, 243, 683-696.
- Johnson, D. W. & Johnson, F. P. (2014). *Joining together: group theory and group skills*. Harlow: Pearson Education.
- Kowalski, V. A., Erck, I. M. & Enriquez, H. D. (2017). Potencialidades del blended Learning para la Formación por Competencias de Ingenieros Industriales. *VII congreso virtual iberoamericano de calidad en educación virtual y a distancia EduQ@2017*, (págs. 1-17). En prensa.
- Kowalski, V. A., Erck, M. & Enriquez, H. D. (2015). Formación por competencias en ingeniería industrial: moda o mejora académica? *III congreso internacional de educação científica e tecnológica CIECITEC* (pp. 1-10). Santo Ângelo: NTI-URI.
- Lai, X. & Hao, J.-K. (2016). Iterated maxima search for the maximally diverse grouping problem. *European journal of operational research*, 254, 780-800.
- Marín García, M. P. & Astruc, L. (2012). Motivating students through technology: using media and collaborative technologies in language teaching and learning. *6th International technology, education and development conference INTED2012* (págs. 1594 -1603). Valencia: IATED.
- Mertens, D. M. (2010). *Research and evaluation in education and psychology : integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. California; London; New Delhi; Singapore: SAGE Publications.
- Ounnas, A. (2010). *Enhancing the automation of forming groups for education with semantics*. University of Southampton (Tesis doctoral). Southampton: University of Southampton.
- Pinninghoff J., M. A., Ramírez, M., Contreras A., R. & Salcedo L., P. (2015). Collaborative group formation using genetic algorithms. *6th international work-conference on the interplay between natural and artificial computation IWINAC2015* (pp. 1-10). Elche: Springer.
- Rodríguez, F. J., Lozano, M., García-Martínez, C. & González-Barrera, J. D. (2013). An artificial bee colony algorithm for the maximally diverse grouping problem. *Information sciences*, 230, 183-196.

Sadeghi, H. & Kardan, A. A. (2015). A novel justice-based linear model for optimal learner group formation in computer-supported collaborative learning environments. *Computers in Human Behavior*, 48, 436-447.

Slavin, R. E. (2006). *Educational psychology: theory and practice*. Boston: Pearson Education.

West, M. A. (2012). *Effective teamwork : practical lessons from organizational research*. Chichester: John Wiley & Sons.

Winston, W. L. (2016). *Microsoft excel 2016 data analysis and business modeling*. Redmond: Microsoft Press.

Winston, W. L. & Albright, S. C. (2012). *Practical management science*. Mason: South-Western.

Yeoh, H. K. & Mohamad Nor, M. I. (2011). An algorithm to form balanced and diverse groups of students. *Computer Applications in Engineering Education*, 19(3), 582-590.